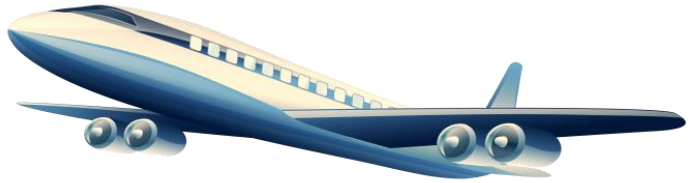
École Doctorale Matières, Molécules et Matériaux (3M)



Sujet de thèse :

Étude du Phénomène de Collage dans les Contacteurs à Application Aéronautique

Physique sans Frontières :

Création d'opportunité d'échange universitaire franco-marocaine dans un cadre scientifique et industriel

Présenté par:
- Asma Ramzi

Directeur de thèse:
- Erwann Carvou

Plan

- Introduction
- Eventuelle opportunité d’échange universitaire international
- Aperçu bibliographique
- Caractérisation des rebonds mécaniques
- Banc de soudure
- Conclusion & perspectives

Présentation de l'entreprise

Safran Aerosystems

CA 21 milliards € en 2018

GROUPE SAFRAN

92 000 collaborateurs

Aéronautique (propulsion, équipements et intérieurs)

- Systèmes de sécurité
- Systèmes électriques et cockpit
- Systèmes de contrôle
- Systèmes de gestion des fluides, des eaux et des déchets
- Cabine connectée

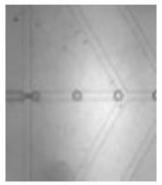
Institut de physique de Rennes:
Département de physique moléculaire

Théorie & Simulation

Laboratoire Astrophysique

Combustion, Plasma and Environnement

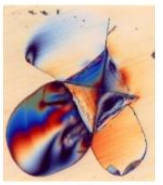
Physique Moléculaire


Matière molle

Matériaux Nanosciences

Optique et Photonique

Milieux divisés


Mécanique et Verres

Matériaux et Lumière

Thèmes :

Formation de Nanoparticules dans les Flammes

Formation de Nanoparticules dans les Plasmas

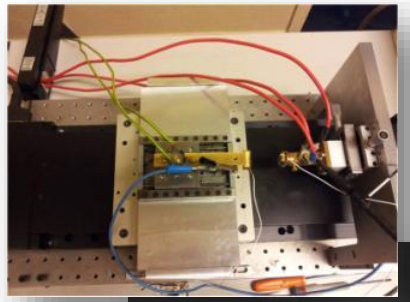
Études des nanoparticules libres utilisant le rayonnement synchrotron

Recombinaison et attachement électronique

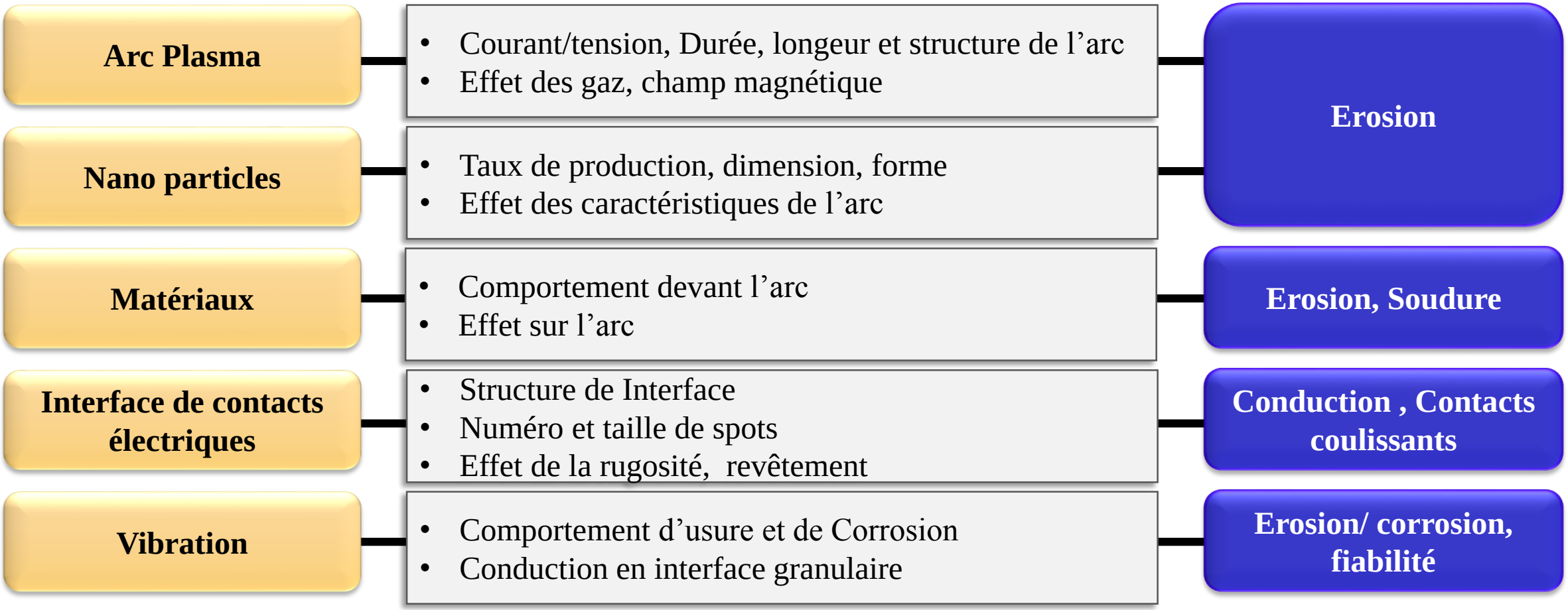
Chimie Atmosphérique

Émissions des polluants émis par les sources naturelles

Contacts Electrique



Recherche – Contacts Electrique

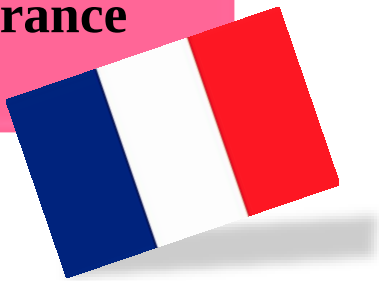


Eventuelle opportunité d'échange universitaire international

Projet Industriel / Recherche Scientifique

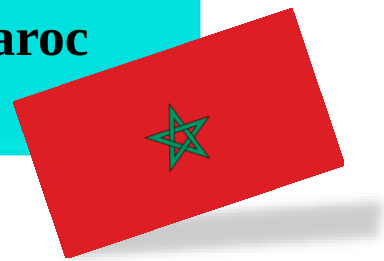
Université de Rennes 1

GROUPE SAFRAN France



Université Marocaine

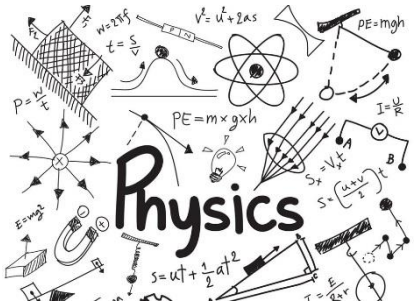
GROUPE SAFRAN Maroc



Eventuelle opportunité d'échange universitaire international

Stages/ Formations/ Compétitions

Échanges Scientifiques et Culturels



Physique

Electrification des avions

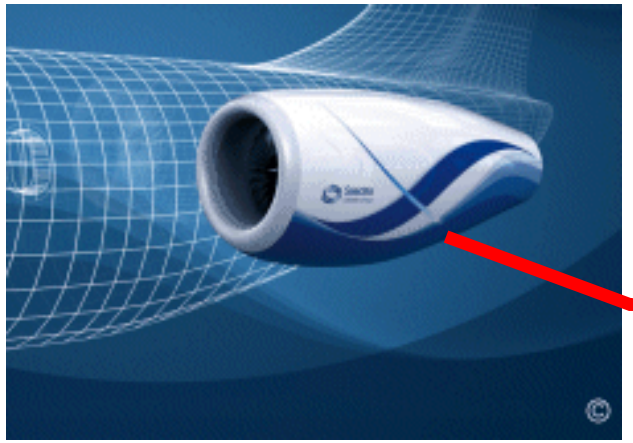
Réseaux électriques

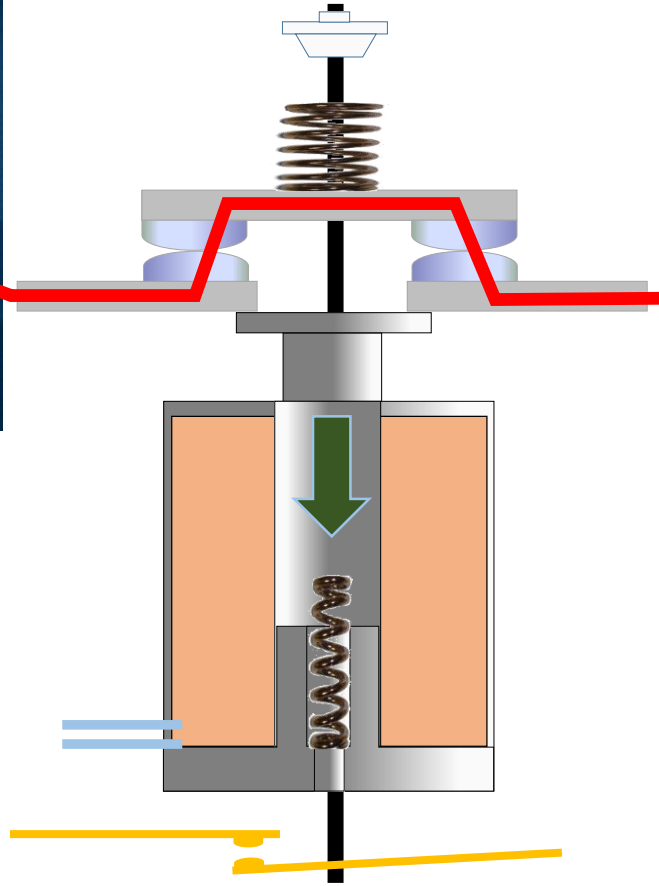
Contacteurs

Distribution électriques

Coupure
Mise sous tension

Contacteur





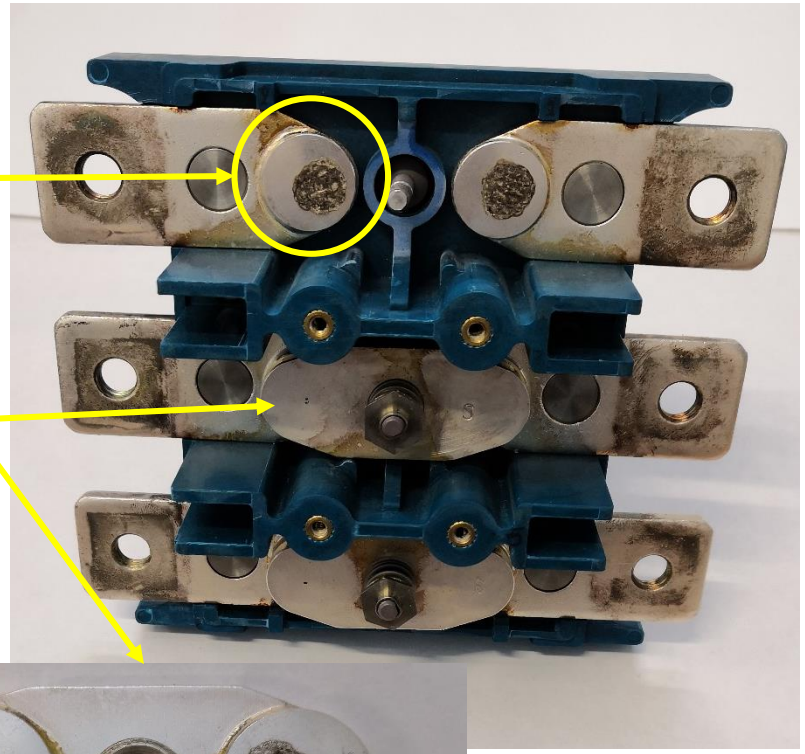
Générateur électrique

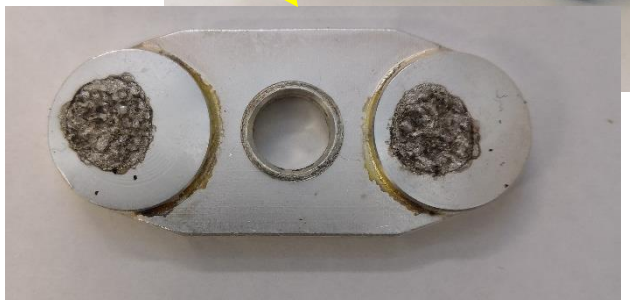
charge

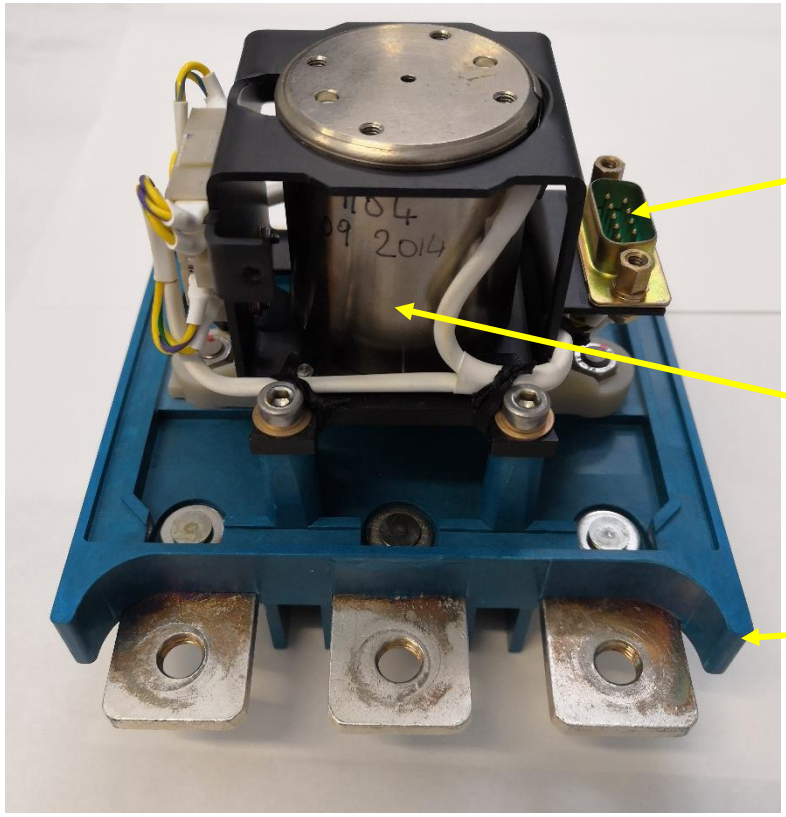
Contacteur

Contact électrique fixe (pastille)

Contact électrique mobile (pastille)





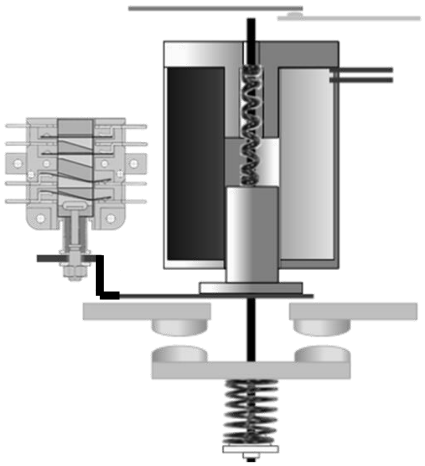


Connecteur

Moteur (électro-aimant)

Chambre de puissance

Problématique



Contacteur

Arc électrique

- Ouverture
- Fermeture

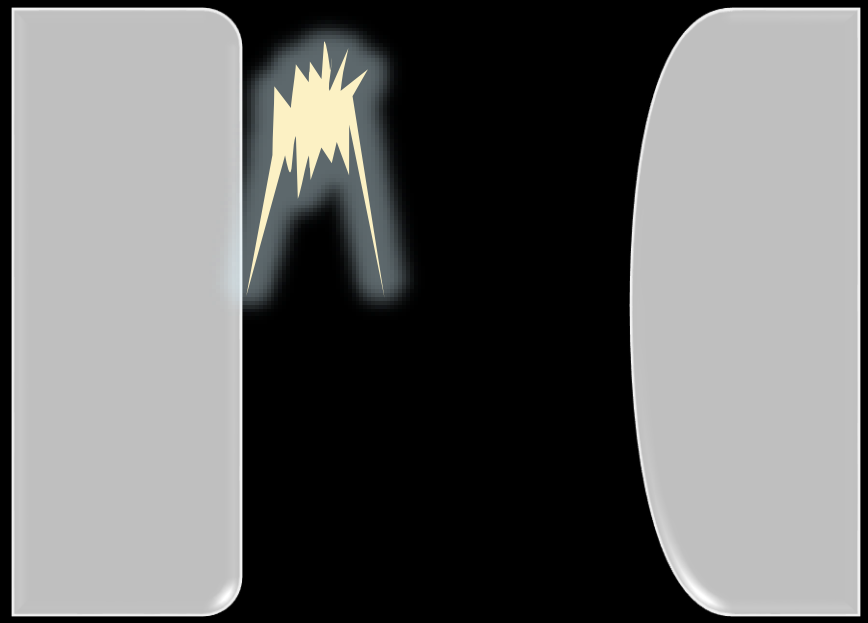
- Augmentation de la résistance de contact
- Érosion des contacts
- Soudure

Dysfonctionnement, destruction des contacteurs

Arc électrique : l’arc de fermeture

Arc électrique

Fermeture

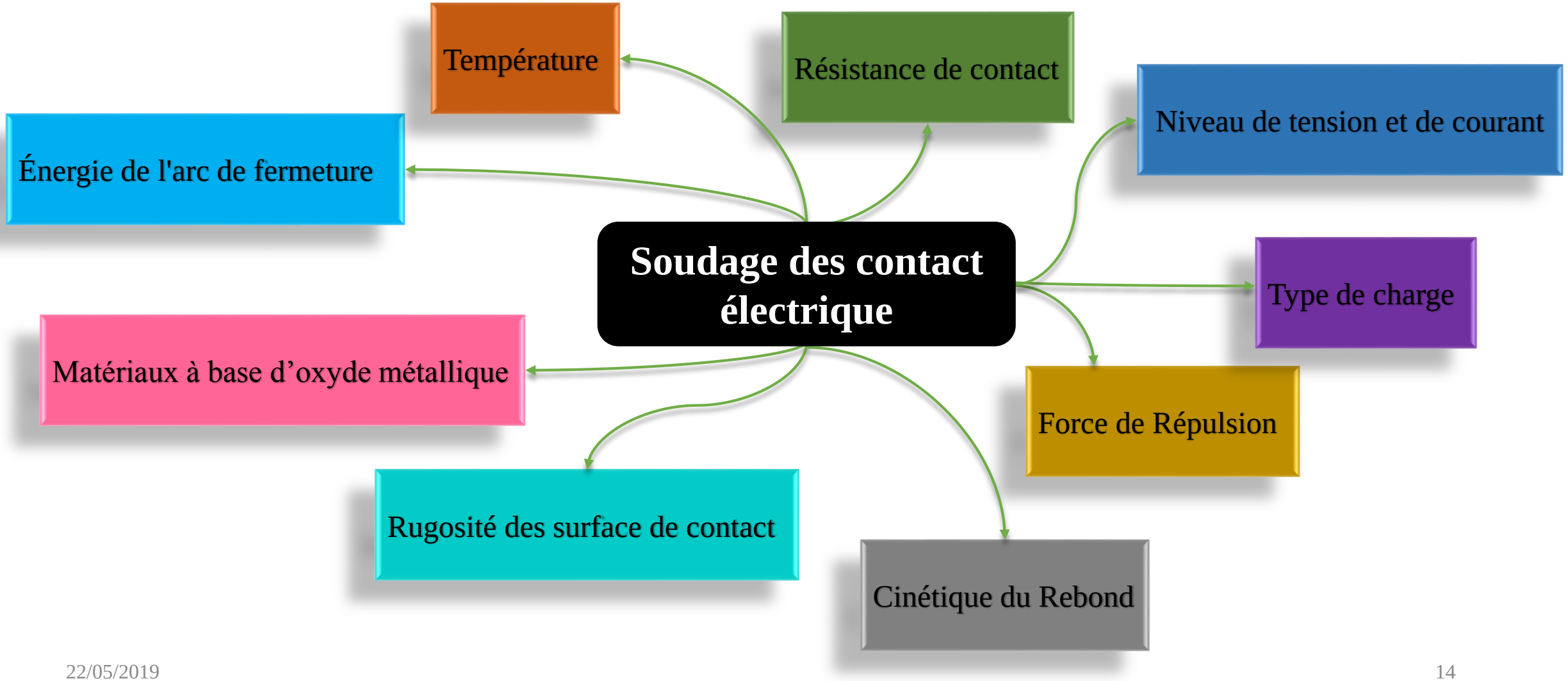


Objectif du projet

Comparaison des performances des différents matériaux sur l'aspect collage dynamique des contacts sans avoir à fabriquer et tester de nombreux contacteurs

Permettre l'augmentation des performances et de la sécurité d'un contacteur: capacité à fermer sur un transitoire de 4000Arms 400Hz.

Paramètres influençant la soudure des contacts électriques



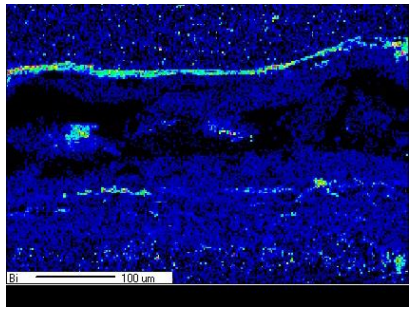
Paramètres influant la soudure des contacts électriques: Propriétés et comportement des Matériaux

Énergie de l'arc faible

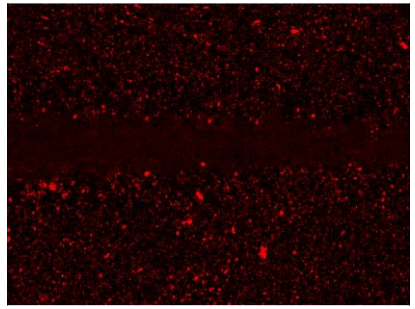
Dépilation des additif à l'intérieur de la zone soudée a cause de l'énergie de l'arc laisse des cavité.

Énergie de l'arc élevée

Sublimation de l'oxyde métallique forme des bulles gazeuses dans la masse fondue d'argent visqueuse. Recristallisation de l'oxyde métallique sur les parois internes des bulles, conduisant à un film mince dans une microstructure semblable à de la mousse, qui peut facilement se briser à l'ouverture des contacts.

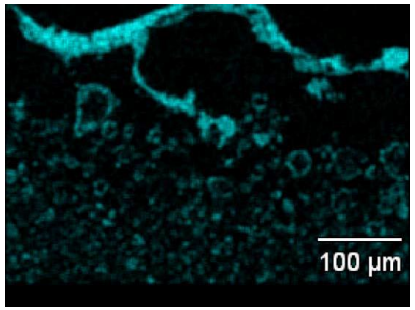


Distribution de Bi_2O_3 (EDS) sur la section transversale après l'essai montrant la ligne concentrée de Bi_2O_3 sur la surface de contact



Distribution de Bi_2O_3 (EDS) après essai montrant l'épuisement dans la zone soudée

$AgSnO_2$



Distribution de zinc après essai (EDS) montrant la couche de surface et les bulles de ZnO

AgZnO

Timo Mützel, Michael Bender, Ralf Niederreuther, Umicore AG & Co. KG Business Unit Technical Materials The Effect of Material Composition on Dynamic Welding of Electrical Contacts
Mützel_Bender_Niederreuther_2014_Contact Material Effects on Dynamic Contact Sticking

Exemple des matériaux testés à IPR en collaboration avec Metalor (Thèse d' Elsa YEE KIN CHOI)

Matériau	Composition (% en masse)
Ag	100% Ag
AgSnO$_2$EMB2	98% Ag, 2% MeOx (SnO_2 + Bi_2O_3)
AgSnO$_2$EMB5	95% Ag, 5% MeOx (SnO_2 + Bi_2O_3)
AgSnO$_2$EMB10	90% Ag, 10% MeOx (SnO_2 + Bi_2O_3)
AgSnO$_2$EMB12	88% Ag, 12% MeOx (SnO_2 + Bi_2O_3)
AgSnO$_2$EMB3,3	96,7% Ag, 3,3% MeOx (SnO_2 + Bi_2O_3)
AgSnO$_2$EMB8	92% Ag, 8% MeOx (SnO_2 + Bi_2O_3)
AgSnO$_2$EMB14	86% Ag, 14% MeOx (SnO_2 + Bi_2O_3)
Ag + MM	80%Ag, 20%MM
AgSnO2EMB3,3 + MM	96,7% Ag, 3,3% MeOx (SnO_2 + Bi_2O_3 +MM)
AgSnO2EMB12 + MM	88% Ag, 12% MeOx (SnO_2 + Bi_2O_3 +MM)
AgSnO$_2$EMO3,3	96,7% Ag, 3,3 SnO_2
AgSnO$_2$EMO8	92% Ag, 8% SnO_2
AgSnO$_2$EMO12	88% Ag, 12% SnO_2
AgSnO$_2$EMO14	86% Ag, 14% SnO_2

Rivets

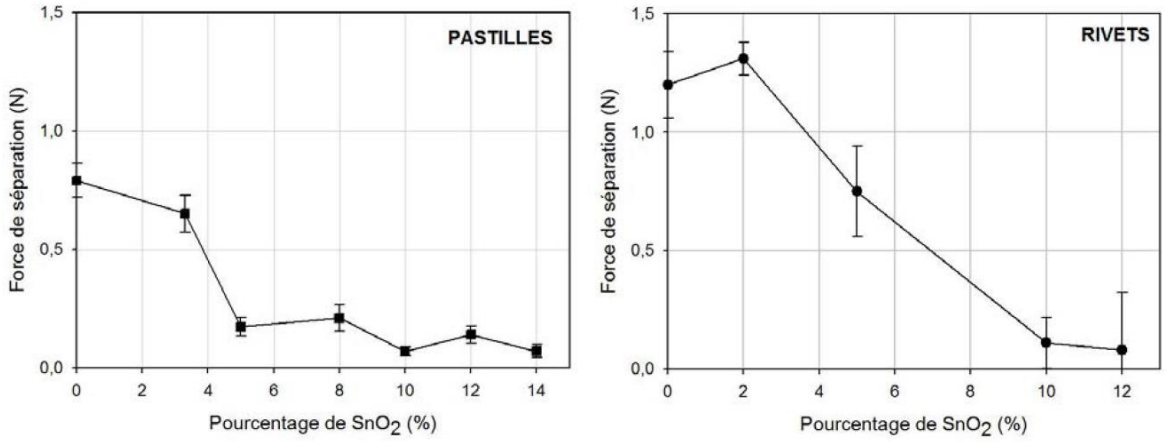
Pastilles

EMB2 {
1ere lettre : Procédé de fabrication (Extrusion ou compression unitaire)
2eme lettre : Taille des grains (medium, fine, chimique)
3eme lettre : O sans agent dopant, B pour oxyde de bismuth
2-3, 3-5-8-10-12-14 pour la quantité massique totale d'oxyde

Force de séparation globale

Les valeur de la force de soudure des pastilles sont inférieures à celles des rivets sauf pour les échantillons contenant un fort taux d'oxydes d'étain (SnO_2>10%) où elles sont du même ordre.

Atmosphère : air ambiant



Problématique

Caractéristiques physiques de l'arc de fermeture

Mécanismes d'interaction entre l'arc de fermeture et les électrodes

Ne sont pas couvertes dans l'état de l'art pour les conditions aéronautiques

Soudure par arc électrique

Simulation des conditions réelles « conditions aéronautiques » pour l'étude de la soudure par arc électrique de la fermeture.

Courant et tension + fréquence

Forme de contacts

Force de contact

Type de circuit (résistif, inductif…)

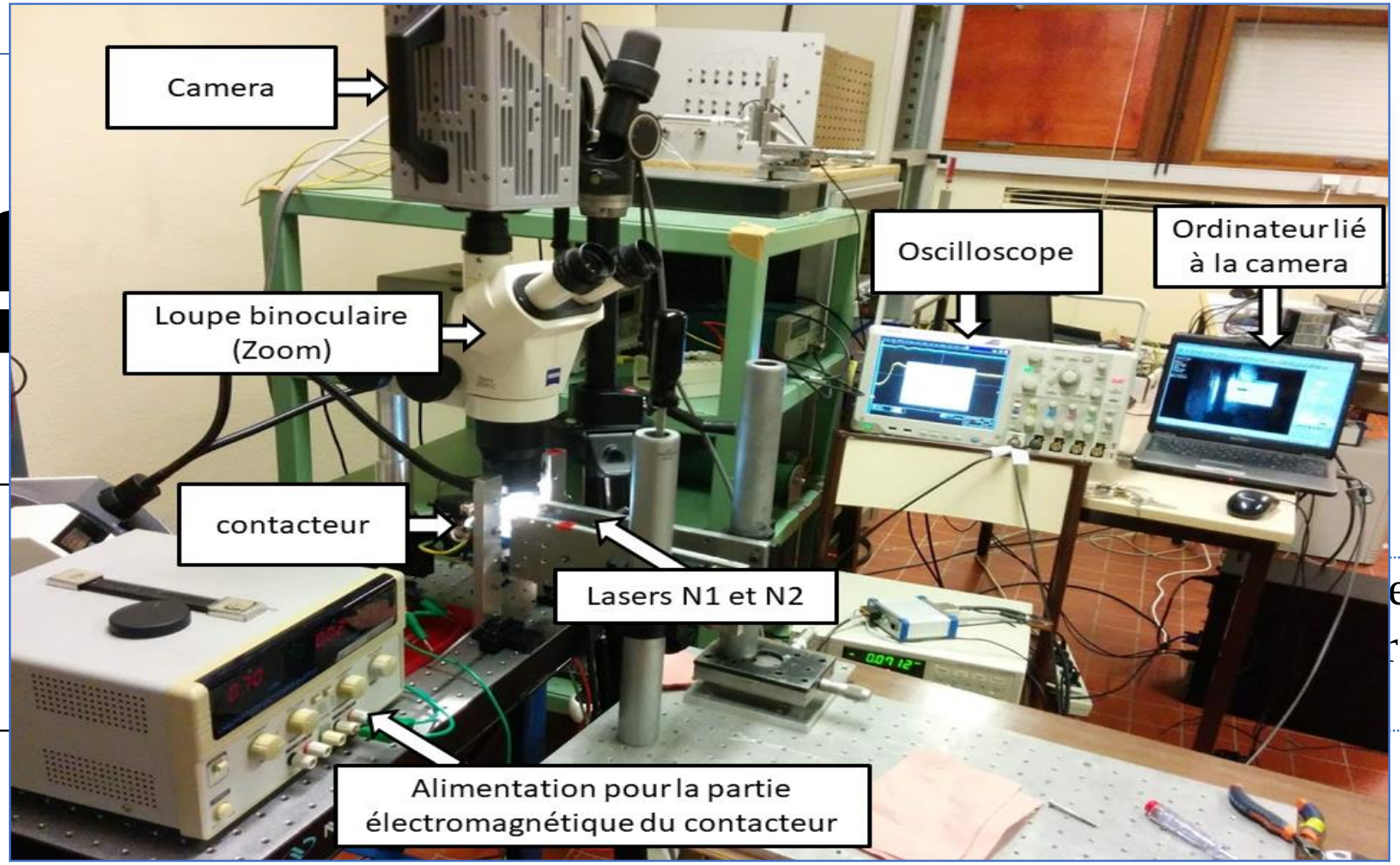
Rebond mécanique

Nature du matériau des contacts

Pression

Température

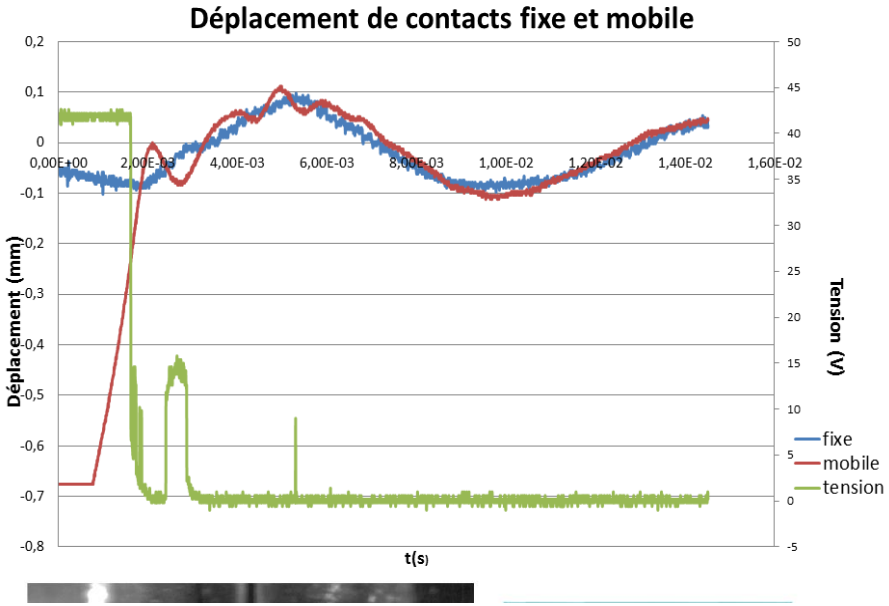
Expérience pour la caractérisation des rebonds mécaniques

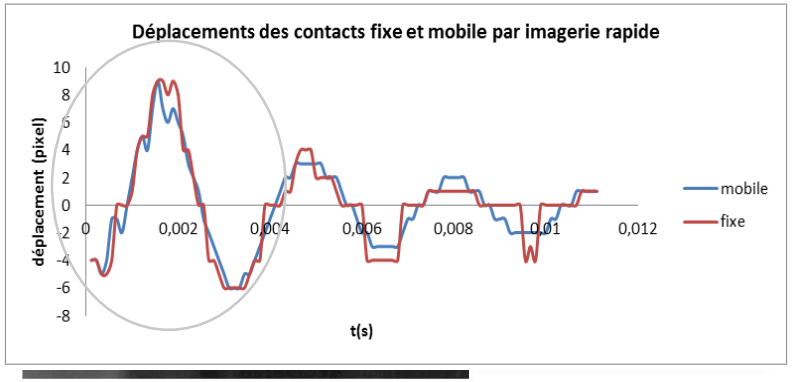


Trig

ers et
rer les

Expérience pour la caractérisation des rebonds mécaniques





Mesure des déplacements des contacts par capteur de déplacement :

Tout le système (contacts fixe et mobile) subi une vibration provoquée lors du contact. Un rebond apparait juste après le premier contact provoquant un arc électrique.

Mesure des déplacements des contacts par imagerie rapide:

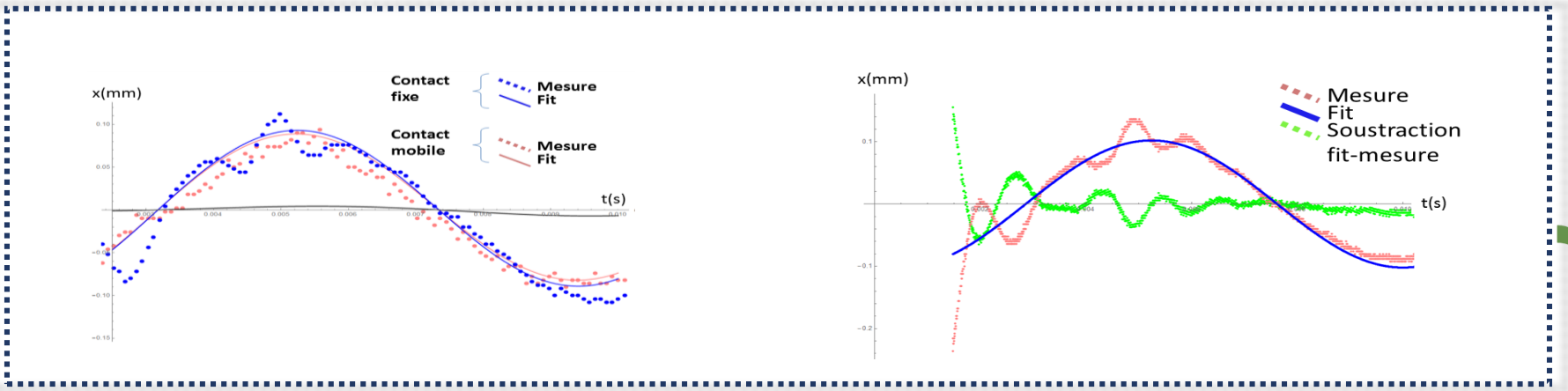
Cordonnées des pixels correspondants à la position des deux des contacts électriques fixe et mobile en fonction du temps.

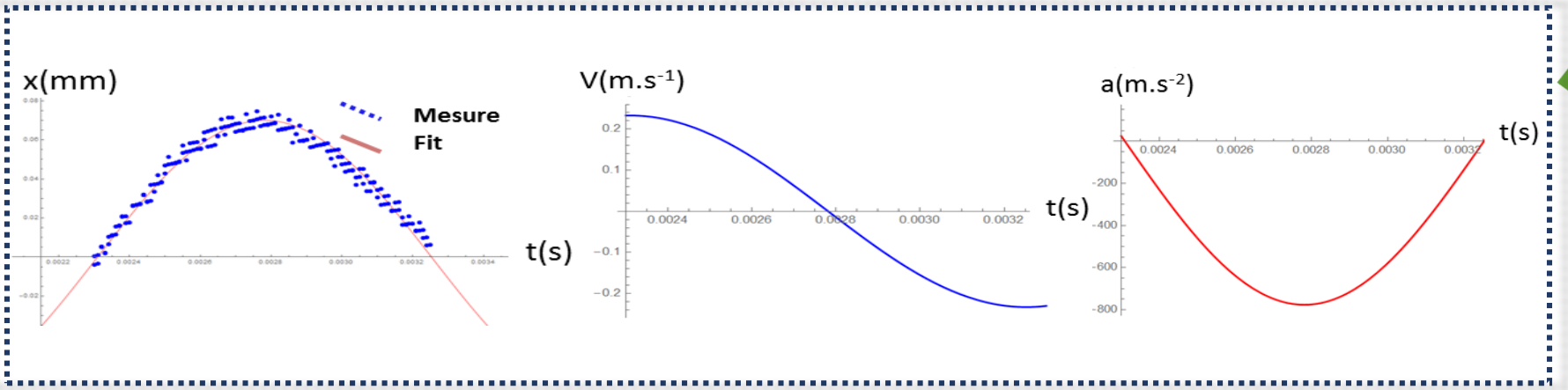
Résultats : caractérisation des rebonds mécaniques

Le **profil absolu du rebond** est obtenu par soustraction de mesure de déplacement et le fit, ce profil correspond à une partie d'une solution d'un modèle mécanique de rebond :

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{a} * \mathbf{Sin}[2\pi \mathbf{f} \mathbf{t} + \phi]$$

avec: a=70µm ; f=530Hz.





Banc d’Essai Soudure

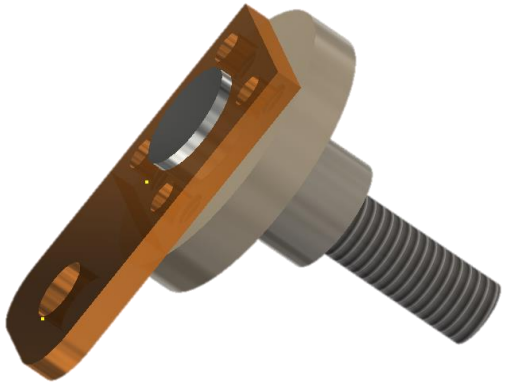
Développement d’un banc de mesure expérimental

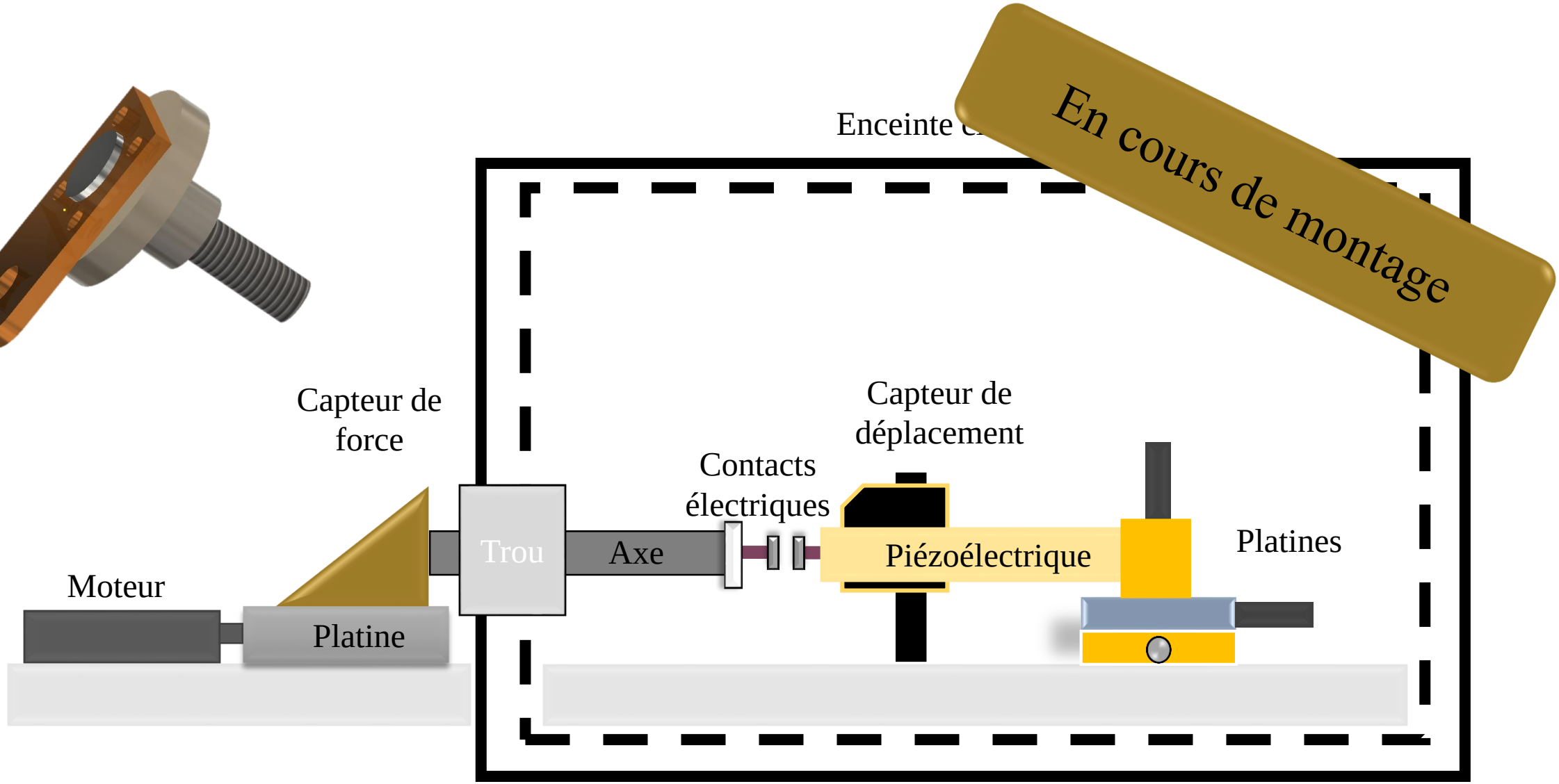
Création des rebonds contrôlés au niveau des contacts pour les conditions spécifiques de l’étude

Vérification si les contacts sont soudés
Mesure des forces de soudure

Mesures Electriques, Physiques et Chimiques

Schéma du futur banc de test





Conclusion et perspectives

Eventuelle opportunités d'échange pour les étudiants marocains dans le cadre d'un projet industriel en collaboration avec les universités

⬇

Développement scientifique dans les universités marocaines

Conclusion et perspectives

- Conditions participant à sa création
- Caractéristiques des matériaux des contacts et leur comportement par rapport à la soudure

⬇

Choix des matériaux

Important!

Utilisation de deux méthode de caractérisation de rebonds

⬇

Imagerie Rapide

Capteur laser de déplacement

⬇

Le rebond mesuré a une durée de ~2 ms, une hauteur de 70µm, pour un circuit 42V/10A

Conclusion et perspectives

Reproduction des rebonds dans un banc de test approprié à l'étude du phénomène de soudure, en se mettant dans **des conditions réelles aéronautique.**

- Caractérisation des matériaux des contact après collage
- Analyse des résultats pour comprendre et modéliser le comportement des matériaux.

- Merci pour votre attention!